

## Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen

Fakultät Elektrotechnik  
und Informationstechnik (E+I)  
Leiter Institut für Angewandte  
Forschung (IAF)

Badstraße 24, 77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-267  
E-Mail: d.jansen@fh-offenburg.de

**1948:** Geboren in Wuppertal

**1967:** Nach dem Abitur Studium der Elektrotechnik  
an der TH Darmstadt zum Diplom-Ingenieur

**1972:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Ramsayer  
im Institut für Flugnavigation der Universität Stuttgart

**1978–1986:** Industrietätigkeit beim Bodenseewerk  
Gerätetechnik GmbH

**Seit 1986:** Professur an der Hochschule Offenburg; Reorganisation  
der Laboratorien Bauteile der Elektrotechnik, Optoelektronik,  
SMD-Technik und Schaltungstechnik, ASIC Design Center 1989

**Seit 1995:** Leiter des Instituts für Angewandte Forschung  
der Hochschule Offenburg, Mitglied in den Senatsausschüssen EDV  
und Forschung. Sprecher der Multi Project Chip-Gruppe (MPC)  
der Hochschulen Baden-Württembergs, Member IEEE, VDE, europa practice



**Forschungsgebiete:** Entwurf integrierter Anwenderschaltungen, Hardware/Software-Codesign,  
integrierte Prozessorkerne, Hochsprachenentwurf digitaler Schaltungen (VHDL), Logiksynthese,  
induktive Datenübertragung

## 1.1 BioPower

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen  
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg  
Dipl.-Ing. (FH) Tobias Volk  
Andrea Seigel  
Sven Kerzenmacher M.Sc.

Das Projekt BioPower ist eine Kooperation des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg mit dem Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Universität Freiburg.

Es handelt sich um den Versuch, die im Körper vorhandenen Energiequellen sozusagen direkt anzupapfen, um sie für technische Zwecke zu nutzen. Von den vielen bestehenden Möglichkeiten konzentriert sich die Forschung hier auf die Nutzung der Glukose im Blut, die auch sonst als Energieträger zur Versorgung der Zellen im Körper dient.

Die Idee der Direkt-Glukose-Brennstoffzelle (DGFC) wurde schon früher versucht, war aber aufgrund der damals nicht verfügbaren Technologien nicht erfolgreich. An der Universität Freiburg wird in der Dissertation von Herrn Kerzenmacher, einem ehemaligen Absolventen der Hochschule Offenburg, eine solche DGFC-Zelle entwickelt, Abbildung 1.1-1. Die erzeugbaren Energiemengen sind allerdings gering, sie sollen jedoch ausreichen, um z. B. Herzschrittmacher, Implantate und Ähnliches auf Dauer zu versorgen.

Im Jahr 2008 konnte diese Entwicklung erfolgreich mit der Demonstration eines von einer Glukosebrennstoffzelle betriebenen Herzschrittmachers abgeschlossen werden [1], Abbildung 1.1-2.

Die Aufgabe der Hochschule Offenburg in diesem Projekt war die Entwicklung eines DC/DC-Wandlers, der mit den extrem niedrigen Betriebsspannungen der Brennstoffzelle von 0,2 – 0,5 V zurechtkommt und daraus für den Schrittmacher die erforderlichen 3 V generiert. Hierbei kommt es auf den Wirkungsgrad an, denn jedes Prozent höherer Wirkungsgrad ermöglicht, die zur Abgabe einer vorgegebenen Leistung an der Last erforderliche primäre Fläche der Brennstoffzelle zu verkleinern.

Bei dem entwickelten Design war ein weiterer Schwierigkeitsgrad, und zwar die extrem niedrige Stromstärke von wenigen Mikroampere zu berücksichtigen. Kommerzielle Wandler mit diesen Eigenschaften sind derzeit nicht auf dem Markt, zu exotisch sind die Spezifikationen. Damit wären nur Wirkungsgrade im 10-%-Bereich erzielbar gewesen, soweit sie bei 0.2V Eingangsspannung überhaupt arbeiten. Eine Eigenentwicklung war deshalb notwendig, mit der konnte schließlich ein Wirkungsgrad von ca. 60 % realisiert werden, wobei auf ein sehr altes, aber immer noch aktuelles Konzept des Sperrwandlers zu-

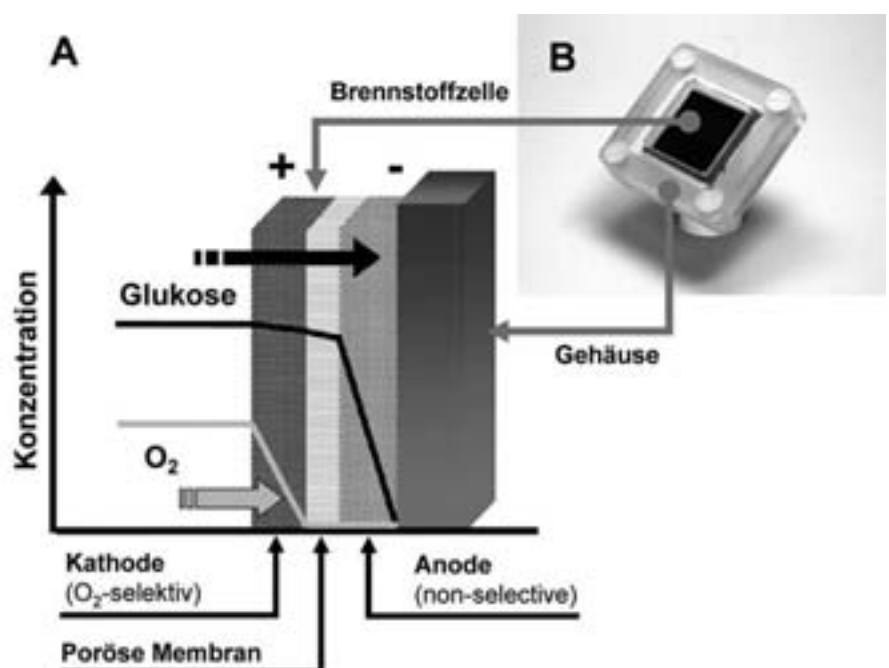


Abb. 1.1-1: zeigt den prinzipiellen Aufbau der Glukosebrennstoffzelle

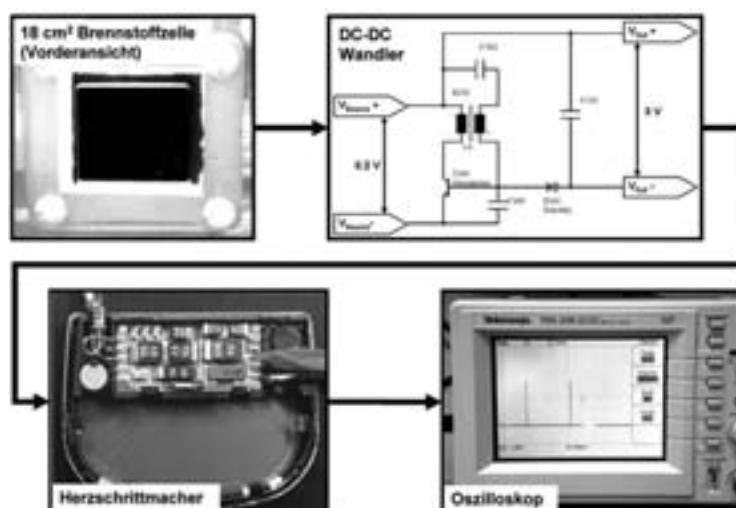
rückgegriffen wurde [2]. Der Wandler ist auch für weitere „Energy Harvesting“ Applikationen von Interesse. Über die Ergebnisse wurden auf der Internationalen Konferenz „PowerMEMS“ in Japan berichtet [1].

Eine weitere Aufgabe der Hochschule Offenburg bestand in der Analyse der Beiprodukte, die während des Betriebs der Zelle entstehen. Als Trenn- und Messmethode wird die Dünnschichtchromatographie eingesetzt.

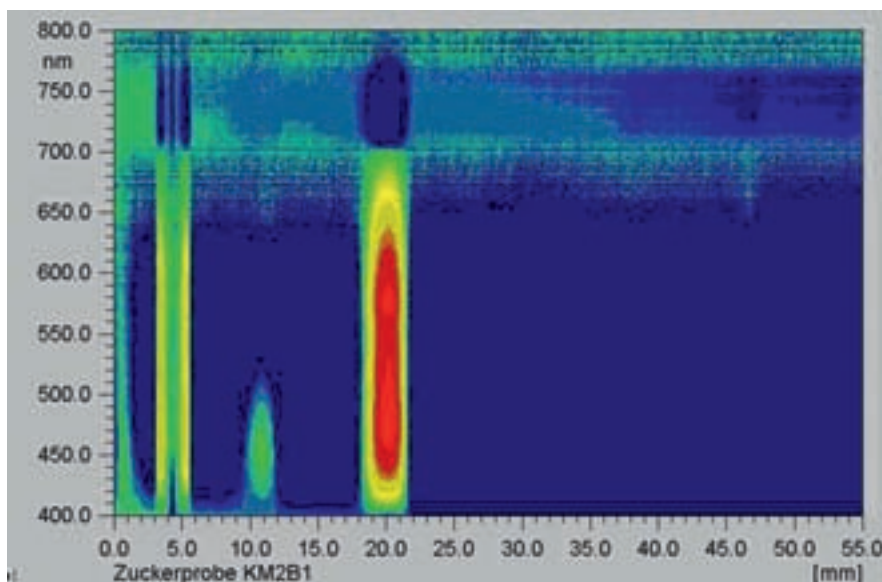
Die bei der elektrochemischen Oxidation von Glukose an selbsttragenden Platin-Raney Elektroden entstehende Reaktionsprodukte wurden im Labor für Analysetechnik (Prof. Dr. Spangenberg) untersucht. Weiterhin wurde die Freisetzung metallischer Elektrodenbestandteile während des Betriebs quantifiziert. Dazu wurden zahlreiche Glukoseproben aus DGFC-Zellen nach unterschiedlichen Betriebszeiten entnommen und analysiert, Abbildung 1.1-3.

Die Untersuchung der Metallfreisetzung erfolgte auf die Metalle Platin, Bismuth, Zink und Aluminium. Insbesondere die Analyse der Metallfreisetzung im Elektrodenbetrieb liefert vielversprechende Ergebnisse. Lediglich eine geringe Freisetzung von Zink in der Größenordnung von 20 µg/l, die deutlich unter der typischen Normalkonzentration im menschlichen Serum von 6,5 mg/l liegt, wurde festgestellt, ist jedoch physiologisch völlig unbedenklich. Eine Freisetzung von Aluminium, Platin oder Bismuth findet praktisch nicht statt, sodass bei der Biokompatibilität der Brennstoffzelle gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Hierüber wird in einer Publikation 2009 im Detail berichtet werden.

Die Dissertation von H. M.Sc. Kerzenmacher wurde mit diesen Ergebnissen erfolgreich beendet; der Dissertationschrift können weitere Detailergebnisse entnommen werden. Das im Rahmen eines Innovativen Projektes vom Land Baden-Württemberg geförderte Projekt ist damit erfolgreich abgeschlossen.



**Abb. 1.1-2:** Ein Herzschrittmacher wird von der 18-cm²-DGFC-Zelle über den PC/DC-Wandler direkt versorgt



**Abb. 1.1-3:** Nachweis von Reaktionsprodukten beim Betrieb der DGFC mit Hilfe der Dünnschichtchromatographien

## Referenzen

- [1] Kerzenmacher S., Zehnle S., Volk T., Jansen D., von Stetten F. Zengerle R.: An efficient low-power DC-DC converter enables operation of a cardiac pacemaker by an integrated glucose fuel cell, Proceedings of PowerMEMS 2008 + micro-EMS2008, Sendai, Japan, 9<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> November 2008
- [2] Santic A., Neumann M. R.: A low input voltage DC-DC converter for implanted electronic circuits, Journal of bioengineering, Sept. 1977